

AD-A119 656

ARMY ENGINEER WATERWAYS EXPERIMENT STATION VICKSBURG--ETC F/G 8/13
GEOTECHNICAL CENTRIFUGES OBSERVED IN THE SOVIET UNION, 6-29 SEP--ETC(U)
AUG 82 P A GILBERT.
WES/MP/6L-82-8

UNCLASSIFIED

NL

Fig 1
A. A
Figure



END
DATE
FWD
10-82
DTIC

AD A119656



MISCELLANEOUS PAPER GL-82-8

**GEOTECHNICAL CENTRIFUGES
OBSERVED IN THE SOVIET UNION,
6-29 SEPTEMBER 1979**

by

Paul A. Gilbert

Geotechnical Laboratory
U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station
P. O. Box 631, Vicksburg, Miss. 39180

August 1982

Final Report

Approved For Public Release; Distribution Unlimited

DTIC
ELECTE
SEP 28 1982
A

FILE

FILE

Prepared for Office, Chief of Engineers, U. S. Army
Washington, D. C. 20314

Under Civil Works Work Unit 31173, Task 30

82 09 28 009

Destroy this report when no longer needed. Do not return
it to the originator.

The findings in this report are not to be construed as an official
Department of the Army position unless so designated
by other authorized documents.

The contents of this report are not to be used for
advertising, publication, or promotional purposes.
Citation of trade names does not constitute an
official endorsement or approval of the use of
such commercial products.

Unclassified

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE (When Data Entered)

REPORT DOCUMENTATION PAGE		READ INSTRUCTIONS BEFORE COMPLETING FORM
1. REPORT NUMBER Miscellaneous Paper GL-82-8	2. GOVT ACCESSION NO. AD-A119 656	3. RECIPIENT'S CATALOG NUMBER
4. TITLE (and Subtitle) GEOTECHNICAL CENTRIFUGES OBSERVED IN THE SOVIET UNION, 6-29 SEPTEMBER 1979		5. TYPE OF REPORT & PERIOD COVERED Final report
7. AUTHOR(s) Paul A. Gilbert		6. PERFORMING ORG. REPORT NUMBER
9. PERFORMING ORGANIZATION NAME AND ADDRESS U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station Geotechnical Laboratory P. O. Box 631, Vicksburg, Miss. 39180		10. PROGRAM ELEMENT, PROJECT, TASK AREA & WORK UNIT NUMBERS Civil Works Work Unit 31173, Task 30
11. CONTROLLING OFFICE NAME AND ADDRESS Office, Chief of Engineers, U. S. Army Washington, D. C. 20314		12. REPORT DATE August 1982
14. MONITORING AGENCY NAME & ADDRESS (if different from Controlling Office)		13. NUMBER OF PAGES 69
		15. SECURITY CLASS. (of this report) Unclassified
		15a. DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE
16. DISTRIBUTION STATEMENT (of this Report) Approved for public release; distribution unlimited		
17. DISTRIBUTION STATEMENT (of the abstract entered in Block 20, if different from Report)		
18. SUPPLEMENTARY NOTES Available from National Technical Information Service, 5285 Port Royal Road, Springfield, Va. 22151.		
19. KEY WORDS (Continue on reverse side if necessary and identify by block number) Centrifuges Soil mechanics Soil tests (Laboratory)		
20. ABSTRACT (Continue on reverse side if necessary and identify by block number) In 1979 a team of U. S. geotechnical engineers visited the U.S.S.R. to observe demonstrations of centrifuge devices and to discuss soil modeling techniques with representatives of the Soviet Union. This report presents details of the visit and an assessment of centrifuge modeling research in the Soviet Union.		

DD FORM 1473 EDITION OF 1 NOV 68 IS OBSOLETE

Unclassified

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE (When Data Entered)

PREFACE

In accordance with the Protocol signed in Washington, D. C., on 28 March 1977 by the Cochairmen of the U. S./USSR Joint Working Group 16.05 "Building for Extreme Climates and Unusual Geologic Conditions," representatives of the U. S. participated in a study visit to the Soviet Union during the period 6-29 September 1979. This report was published under Civil Works Work Unit 31173 "Special Studies for Civil Works Soils Problems," Task 30, "Centrifuge Modeling for Geotechnical Applications," for the Office, Chief of Engineers, U. S. Army. Special thanks are given to the Russian interpreters Ms. Natasha A. Nelubina, Mr. Valarie A. Alexandrovitch, Mr. Yuri Ivanov, and Mrs. Gala Barvasho, without whose help the exchange would not have been possible. Special thanks are also given to the companion to and organizer for the U. S. team, Mr. S. V. Dovnarovich.

This report was written by Mr. Paul A. Gilbert, Soil Mechanics Division (SMD), Geotechnical Laboratory (GL), U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station (WES), under the general supervision of Mr. Clifford L. McAnear, Chief, SMD, and Dr. William F. Marcuson III, Chief, GL.

The Commander and Director of WES during the preparation of this report was COL Tilford C. Creel, CE. Mr. Fred R. Brown was Technical Director.



Requested For	
DTIC	<input checked="" type="checkbox"/>
ORNL	<input type="checkbox"/>
NSA	<input type="checkbox"/>
Approved	<input type="checkbox"/>
Justification	
No	
Distribution/	
Availability Codes	
Avail and/or	Special
Dist	
A	

Contents

	<u>Page</u>
Preface	1
Introduction.	3
Background.	4
Program and Itinerary	4
Centrifuges Observed in the Soviet Union.	5
Hydroproject.	5
NIIOSP.	7
UkrNIIproject	10
Soviet Soil Testing Equipment	14
General Impressions	15
Summary Remarks	17
Conclusions	18
References.	20
APPENDIX A: SCHEDULE AT HYDROPROJECT	A1
APPENDIX B: LIST OF ENGINEERS AND SCIENTISTS AT HYDROPROJECT . .	B1
APPENDIX C: SCHEDULE AT UkrNIIproject (IN RUSSIAN)	C1
APPENDIX D: SYNOPSIS OF VISIT.	D1
APPENDIX E: ACTUAL SCHEDULE OF EVENTS.	E1
APPENDIX F: APPENDICES D AND E IN RUSSIAN.	F1
APPENDIX G: REFERENCE LIST, ARTICLES RELATED TO RAILROAD ENGINEERING SOIL MECHANICS (IN RUSSIAN).	G1

GEOTECHNICAL CENTRIFUGES OBSERVED IN THE SOVIET UNION,

6-29 SEPTEMBER 1979

Introduction

1. During the period 6-29 September 1979, a team of U. S. geotechnical engineers visited the U.S.S.R. to observe demonstrations of centrifuge devices and to discuss soil modeling techniques with representatives of the Soviet Union. The visit was conducted in accordance with the March 1977 Protocol under Working Group 10.05 Project 2 entitled "Centrifuge Modeling Used for Foundation Design."

2. The U. S. team participating in the visit and the agency affiliation of the members are as follows:

- a. Paul A. Gilbert, Research Civil Engineer, Geotechnical Laboratory, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- b. James A. Cheney, Professor of Civil Engineering, University of California, Davis, Calif.

3. Members of the U. S. team departed the U. S. on 4 September from their individual cities and met in London, England, on 5 September from which they continued on to Moscow, arriving 6 September. They were met at the airport by A. A. Vaselevskii and Candidate of Science (Cand. Sc.) S. V. Dovnorovich, the technical contact who served as companion to and organizer for the U. S. team.

4. A schedule was given the U. S. team indicating that three installations were to be visited during the stay, two in Moscow and one in Kiev. The U. S. team noted that a visit to the installation at Baku in the Province of Azerbaijan was not included in the itinerary and requested that it be added. The request was denied with the explanation that enough would be learned from visits to the installations on the schedule.

5. The three installations scheduled to be visited were:

- a. Hydroproject Institute--an installation dealing with the investigation, survey, and design, as well as testing and analysis associated with water power and water resources in the U.S.S.R.

- b. NIIOSP, Research Institute of Bases and Underground Structures--an installation dealing with experimental and theoretical problems in basic soil mechanics, foundation design, performance and evaluation, stabilization of soils, problems in soil dynamics, as well as theoretical and experimental investigations of the behavior of frozen soils.
- c. UkrNIIproject--an installation dealing with soil mechanics problems associated with the mining industry in the Ukraine.

Background

6. The technique of centrifuge modeling was originally proposed in the U. S. by P. B. Bucky in the early 1930's, but the concept was not exploited for geotechnical uses by U. S. engineers. The Soviets, however, picked up the technique and have used it with apparent success for almost 50 years. According to sources at NIIOSP, there are approximately 50 centrifuges with a rotation radius of at least 1 m in the Soviet Union today; twelve of the devices are currently functional and operating. Three centrifuges were observed during this visit, two in Moscow at Hydroproject and NIIOSP and one in Kiev at UkrNIIproject. Two of these centrifuges were operating; the device at NIIOSP was inactive at the time of the visit because of the recent death of the researcher, N. Ya. Rudnitsky.

Program and Itinerary

7. Except for NIIOSP, each installation visited gave the U. S. team a tentative schedule of events. These schedules are included in the appendices. Appendix A shows the proposed schedule at Hydroproject, Appendix B shows the list of engineers and scientists at Hydroproject scheduled to meet with the U. S. team, Appendix C shows the proposed schedule (in Russian) at UkrNIIproject, Appendix D is a synopsis of the visit prepared by the Soviet hosts, Appendix E is the actual schedule of events of the visit also prepared by the Soviet hosts, and Appendix F is a copy of Appendices D and E in the Russian language; copies of these

documents were given to the U. S. team.

Centrifuges Observed in the Soviet Union

Hydroproject

8. The centrifuge at Hydroproject was perhaps the most capable and well instrumented device observed during the visit. Its operation was directed by Cand. Sc. (Eng.) Senior Scientific Worker of Rock and Earthfill Dams and Foundation Department (R&EDFD) V. I. Scherbina, who was quite knowledgeable about centrifuge testing. The device was equipped with a video monitoring system so that the model could be observed with the centrifuge in "flight." This centrifuge was driven by a 260-kw constant current electric motor. The carriage was a swing box in which removal of the model required removal of the swing pins. Specifications of the Hydroproject centrifuge, as stated by the Soviets, were as follows:

- a. Rotation radius to the center of the carriages, 2.5 m.
- b. Rotational speed, 0 to 340 rpm.
- c. Maximum acceleration, 322 g.
- d. Internal dimensions of carriages:
 - (1) Height, 500 mm.
 - (2) Length, 900 mm.
 - (3) Width, 400 mm.
- e. Carriage mass, 600 kg.
- f. Maximum model mass, 200 kg.
- g. Number of simultaneously tested models, 2.
- h. Maximum height of prototype, 161 m.
- i. Number of slip ring terminals for data collection, 107.
- j. Miscellaneous:
 - (1) Capability is provided to fill and empty water reservoirs behind the models on the carriages during flight.
 - (2) Gages are provided for measuring contact stresses and strains.
 - (3) Capability is provided to apply a static horizontal force of up to 10,000 kg to the model during flight.

9. Scherbina spoke to the U. S. team about the application of the Hydroproject centrifuge. One problem investigated was the cracking of dams with clay cores (All-Union Designing, Surveying, and Scientific Research Institute 1973). The investigation is described as follows:

- a. The technique used was to construct the core in three layers consolidating each layer at a predetermined g-level on the centrifuge. The rock shells were then placed, the model was stressed by centrifuge flight, and the deformations were measured. By systematically varying the plasticity (density and water content) of the core material, deformation levels for each plasticity were determined which would just cause cracking. The prototype can then be designed based on the performance of a given core material at a certain plasticity (Scherbina 1977). Another problem under investigation at Hydroproject was that of an unzoned rockfill embankment with an upstream asphaltic membrane (Vutsel and Scherbina 1976).
- b. Scherbina indicated that dams 50 to 80 m high of this type are routinely built in the German Democratic Republic. About 25 models must be prepared and tested in the centrifuge to optimize the design of a structure to be built of a given material. A parametric study is accomplished varying the parameters density, grain size, embankment slope, and height. Grain size is not scaled in the study. Instead, a model material is chosen which will match the strength and density of the prototype material based on laboratory and field studies. Indications are that interpretive difficulties do not arise if the two parameters, strength and density, are carefully matched between model and prototype.

10. At Hydroproject, the U. S. team was given a qualitative demonstration of the value of the centrifuge. Two circular cylindrical specimens of sandy clay were prepared at different molding conditions. One specimen had a high water content and low density; the other had a lower water content and higher density. The unconfined specimens were put into the centrifuge and loaded by the gravity field. The specimen of low density collapsed at 35 g's. The specimen of high density and low water content required 95 g's, thus demonstrating the qualitative relationship between strength, water content, and acceleration level to produce collapse.

11. A photograph of the Hydroproject centrifuge inside its containment pit is shown in Figure 1. The centrifuge bucket is shown in



Figure 1. Hydroproject centrifuge and containment pit

Figure 2 and a model in preparation is shown in Figure 3. The X marks on the model of Figure 3 represent points where displacement will be monitored during flight. Figure 4 shows a technician making optical measurements on a model to establish the displacement field developed during flight.

NIIOSP

12. Even though there was a fairly well equipped centrifuge at NIIOSP, it was not in operation because of the death of its researcher, N. Ya. Rudnitsky, about 1 year before the visit of the U. S. team. The U. S. team was given only a cursory look at the device. The centrifuge itself was smaller than the device at Hydroproject, having an arm with an effective radius of 2.0 m powered by an electric motor of 100 kw. No photographs were allowed of the device and little technical description was offered; the explanation given was that there was no official centrifuge operator or expert at NIIOSP since the death of Mr. Rudnitsky.

13. The time at NIIOSP was largely spent having discussions with Soviet experts about various aspects of soil mechanics, including a very detailed discussion on the theory of plasticity by Dr. A. Stroganov and



Figure 2. Hydroproject centrifuge bucket

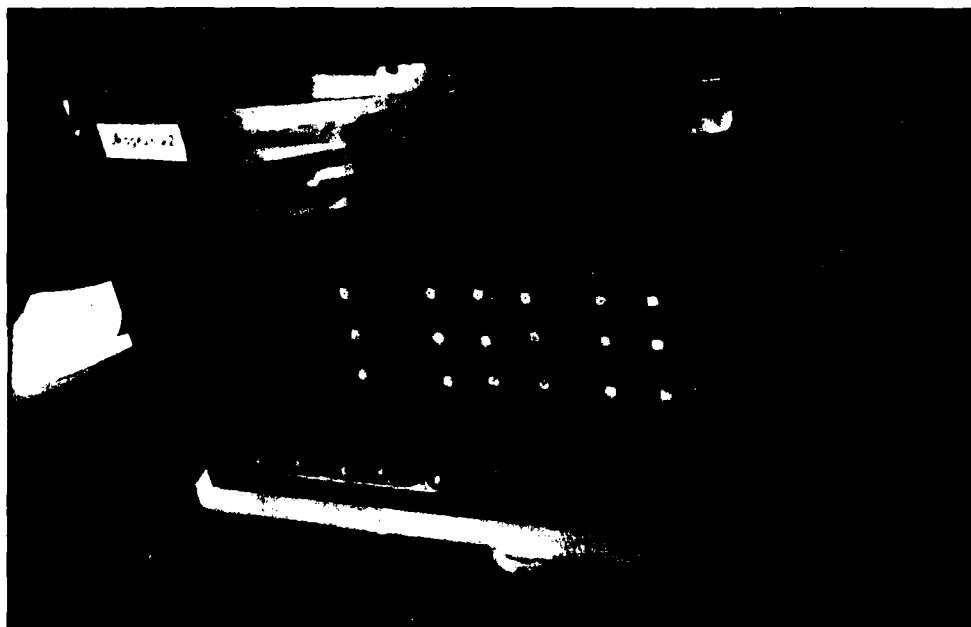


Figure 3. Centrifuge model in preparation

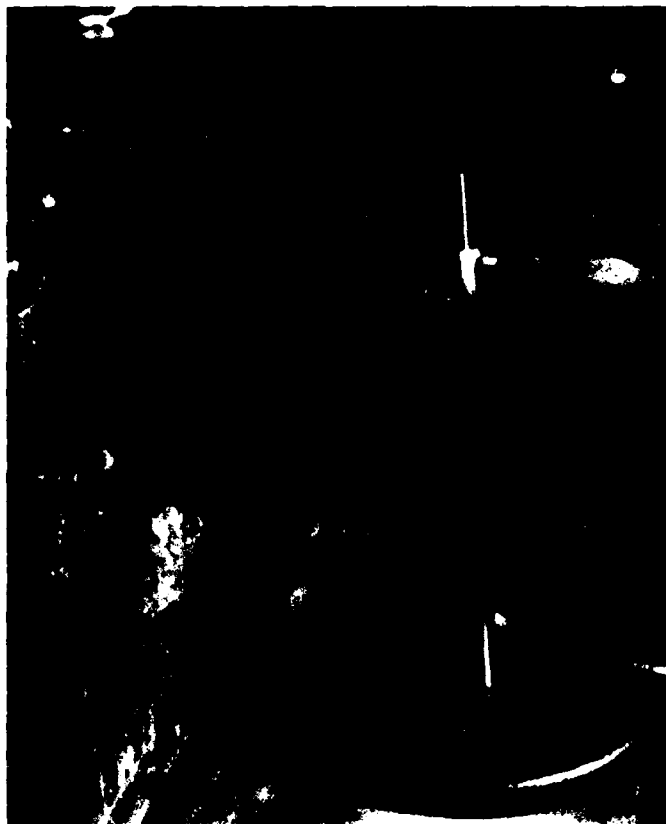


Figure 4. Technician establishing datum on centrifuge model

a discussion about centrifuge modeling with Prof. T. G. Yakovleva.

14. Prof. Yakovleva is connected with the Ministry of Transport and Transport Construction Facilities as well as the Ministry of Roads under whose jurisdiction are highway and railway construction and maintenance. She worked, at the time of the visit, with the Institute of Railroad Engineering. She had used the centrifuge to aid in the design of embankments for the Trans-Siberian Railroad. A broad range of complex foundation problems had surfaced because of the soft organic clays and peat combined with the condition of permafrost which exists over much of the Siberian tundra on which the railroad was built.

15. Prof. Yakovleva described three centrifuges that she had used for her work, as follows:

- a. A centrifuge built in Moscow in 1951 for the Research

Institute of Transport Construction. The effective radius of this device is 2.5 m and the range of scaling is from 4.8 to 124 g's. The bucket is 40 cm wide by 80 cm long by 60 cm high.

- b. A centrifuge built in 1955 for the Moscow Institute of Railway Transport at Dnepropetrovsk. The device has an arm of effective radius 2.0 m and a scaling factor of up to 100 g's. The bucket is 50 cm wide by 100 cm long by 60 cm high. This particular centrifuge is used to simulate plane stress by inserting a model, 10 cm thick, between lubricated plates. M. N. Gol'dshtein, world-recognized Soviet centrifuge expert, was stated to be a co-user of this device.
- c. A centrifuge built in 1962 for the Laboratory of Railway Engineers in Moscow. The arm is 2.5 m, speed is 0-340 rpm, with an acceleration of up to 322 g's. The bucket is 40 cm wide by 90 cm long by 50 cm high. The bucket with soil can weigh a maximum of 1050 kg with a maximum model weight of 170 kg. The driving motor has a power of 320 kw to start with a working power level of 200 kw.

16. Prof. Yakovleva discussed errors inherent in centrifuge modeling due to variations in the g-field and time of load application. It was suggested that some of the time effects may be minimized by scheduling the rate of increase in g-level to coincide with the construction period. In connection with centrifuge modeling, Prof. Yakovleva was investigating stochastic methods for predicting responses due to a large number of independent variables using the theory of systems. In this connection, she mentioned the work of S. W. Director at the University of Florida and R. A. Rohrer at the University of California, Berkeley. The U. S. team was presented with a reference list containing 334 entries of articles pertaining to railroad engineering soil mechanics; the list is presented as Appendix G. About 140 of these references pertain to centrifuge studies, but unfortunately only a few are available in the western literature.

17. Prof. Yakovleva informed the team that Soviet centrifuge pioneer, G. I. Pokrovsky died on 15 January 1979.

UkrNIIproject

18. The UkrNIIproject in Kiev is a research and design center dealing with problems of the mining industry in the Ukraine. Research

there was geared toward finding methods to improve open pit coal mining operations. The director of the centrifuge was Nikolai Nikolavich Kuvaiyev and the experiments were run by A. Pavlovna.

19. The centrifuge in this installation was being used to determine safe operating positions for bulldozers and motor graders on soil structures formed by dumping dry mining spoils over a soft plastic silty clay foundation. This foundation was formed as clay was hydraulically transported into a pit and allowed to settle so that the transport water could be recovered. Serious accidents involving machinery and personnel had resulted from slides in the dry tailings triggered by movement in the soft material underneath. In this light, the centrifuge was used at UkrNIIproject mainly to identify impending failure so that certain associated dangers could be avoided.

20. Centrifuge studies showed that there were three parameters of interest identified in Figure 5--distances A, B, and K; A is the zone of severe collapse, B is the zone of limitation for crack formation, and K is the height of the scarp. Z is the depth of penetration of the tailings material into the slurry after sliding.

21. Figure 6 shows in section the centrifuge model used to investigate the tailings slides.

22. The work at UkrNIIproject was of special interest to the U. S. team from the standpoint of hands-on experience with the centrifuge. (The device at Hydroproject was only demonstrated and the NIIOSP centrifuge was only observed.) The data observed at Kiev was especially valuable in that the tests shed light on the validity of scaling laws between model and prototype at least as far as the investigated type of failure is concerned. At other installations visited, centrifuge models were used to design prototype structures against failure. If the prototype did not fail, then no data were gained to establish a scaling correlation between model and prototype. For the mining operations in the Ukraine, it is accepted that there will be failures of the prototype again and again, so ample data have been collected to establish a statistical relationship between model and prototype.

23. The data presented in the tabulation below will be published

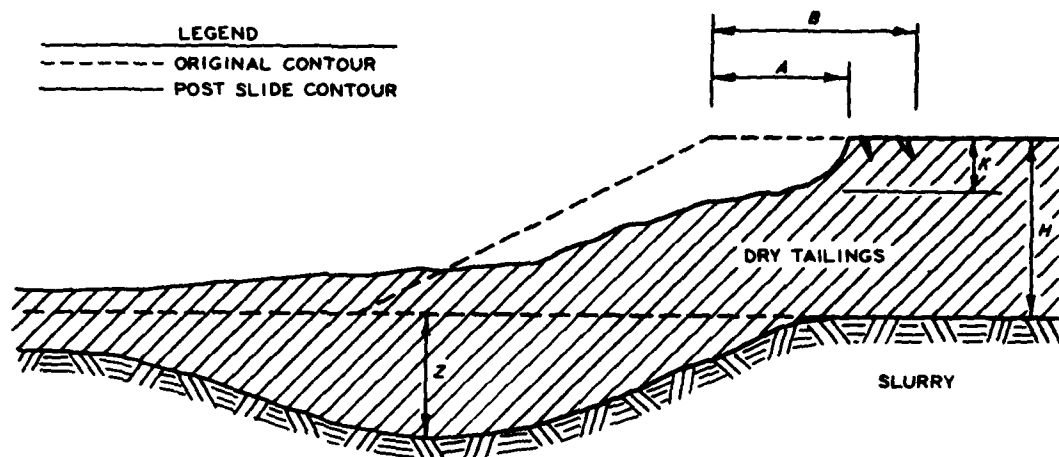


Figure 5. Failure mechanism in tailings embankments

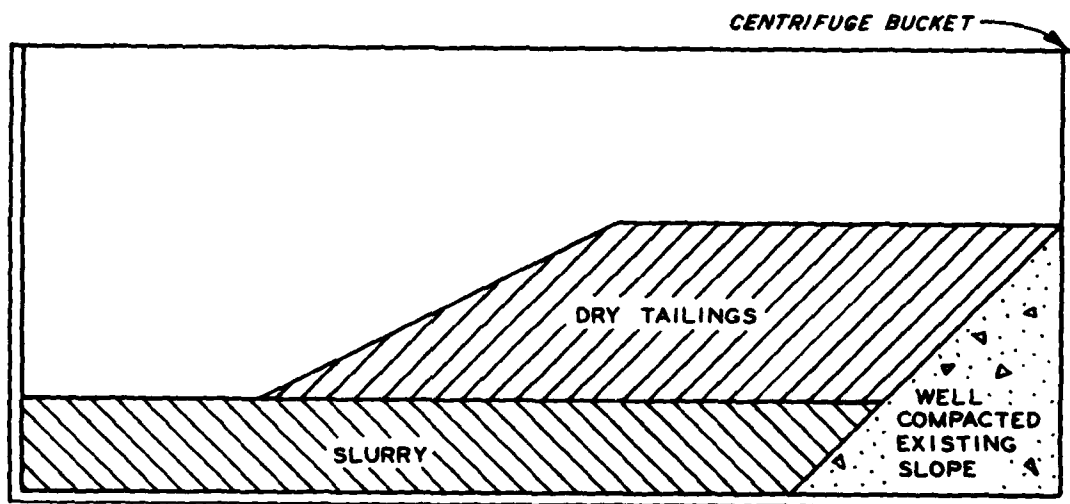


Figure 6. Section of the centrifuge model to investigate tailings slides

in Soil Mechanics and Foundation Engineering, a translation of Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov, in a paper by Pavlovna and Kuvaiev:

	Centrifuge (Scaled to Prototype)	Field
A (m)	5-40 Range/13.5 avg	1-42/15
B (m)	6-40/24	1-57/27
K (m)	1.5-5/2.5	0.6-6.6/2.0

There is certainly good agreement among the average values of the dimensions, between model and prototype.

24. At UkrNIIproject, models were prepared and then loaded in the artificial gravity field of the centrifuge until failure was detected with a deformation gage. (There was no visual monitoring system.) The model was then removed and the after-failure profile plotted with an instrument very similar in operating principle to a device used in the woodworking industry in the U. S. to duplicate irregular contours. The device is called a profile transfer or contour gage, and uses rods held in a metal bar which may be moved to follow the contour of an irregular surface. The mapping of the deformed model surface was accomplished with such a device as shown in Figure 7.

25. The UkrNIIproject centrifuge is described in a textbook by Yu. N. Malushitsky (1975) which has been translated from the Russian by D. R. Crane and Andrew N. Schofield. (A copy of this book in Russian was requested by Prof. Cheney, and a copy was furnished by A. Pavlovna.) The device has an effective radius of 2505 mm. Maximum acceleration is 320 g's with a maximum speed of 340 rpm. The centrifuge has a permanently installed swing platform, onto which the payload box is attached for flight. The size of the payload box is 140 cm long by 50 cm wide by 75 cm high. The centrifuge is powered by a 160-kw electric motor.

26. All centrifuges observed could be accessed only through a door opening to the containment pit below. An interesting suggestion by the technicians at UkrNIIproject was that a tunnel allowing horizontal access to the centrifuge would be advantageous for the reason that models are lowered into place by an electrically operated crane which jerks and possibly damages the models. Horizontal access would minimize such damage.

27. The centrifuge observed by the U. S. team in Kiev was 17 years old, but three additional centrifuges are planned by the Ukrainian Academy of Sciences for geotechnical uses. One of the devices will be dedicated exclusively to earthquake studies under the direction of Yu. N. Malushitsky and is planned for 1982 to 1983.

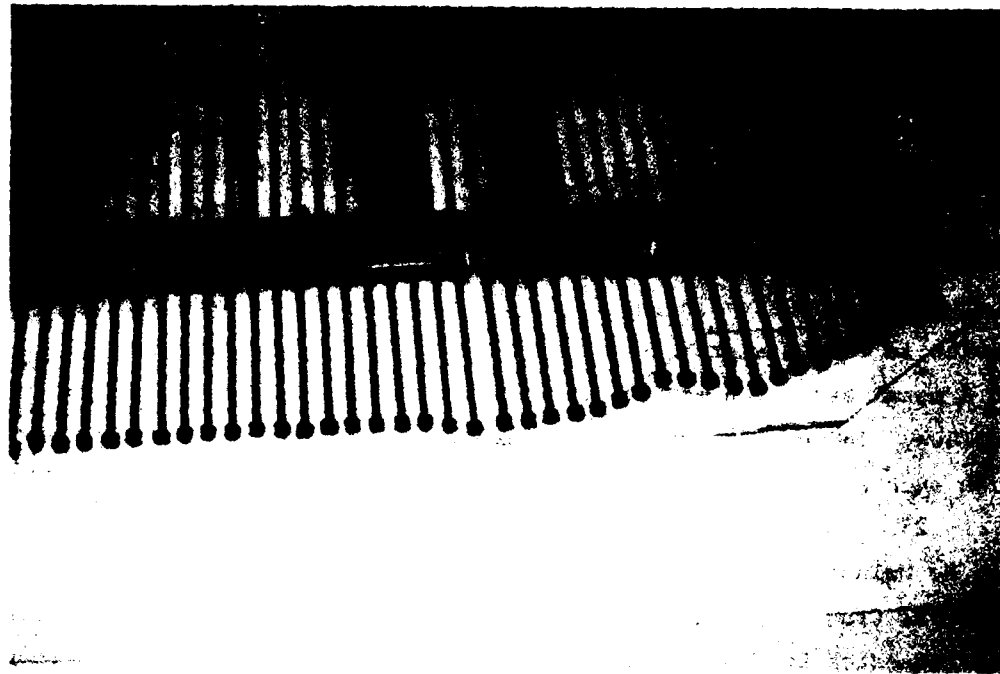


Figure 7. Mapping of the model profile after flight

Soviet Soil Testing Equipment

28. The most advanced general soil testing equipment observed by the U. S. team was at Hydroproject. The laboratory was under the general direction of V. I. Vutsel, head of R&EDFD. Some equipment observed was quite impressive. There were large-diameter triaxial chambers with the capability to test specimens up to 30 cm in diameter and 60 cm high. Observed also was a large-diameter K_0 consolidometer. There was a true triaxial device which allowed independent loading of the three mutually perpendicular axes. The specimen tested was a cube, 100 mm on a side.

29. D. B. Radkevich, head of the Instrumentation Development Department at Hydroproject, showed the U. S. team some very interesting instruments, including a very ingenious surface deflectometer which also measured rotation, thus giving two components of displacement in a single instrument. Also shown was a rubber soil pressure gage whose

design was based on the theory of elasticity and which eliminates many of the problems associated with soil pressure gages such as the difference in stiffness between the soil and gage. The problem of miniaturizing this device for centrifuge use was being studied.

30. On the other hand, some aspects of Soviet soil testing were not so advanced. Generally, in the area of electronics, this writer observed a certain deficiency in Soviet technology. Measurement instruments were not observed in plentiful supply and those instruments observed to measure pressure and force were based on the mechanical resonance (vibrating wire) principle. Mechanical resonance transducers are neither more advanced nor more primitive than the equivalent bonded or unbonded strain gage instruments used in the U. S.; they are simply based on a different mechanism. Certain economic advantages are apparent in a system using mechanical resonance transducers, however. The most obvious advantages are the ease, simplicity, and economy of the construction and maintenance of the instruments as well as the fact that they require minimal electronic support. These devices suffer disadvantages described below which limit their overall versatility. By comparison, miniature strain gage load and pressure transducers as used in many U. S. laboratories are complicated structures requiring complex and expensive construction equipment run by highly skilled personnel. Extensive electronic support is also often required. If such transducers are damaged, they most probably would have to be discarded and replaced.

31. Less sophisticated soil testing equipment was observed at NIIOSP and UkrNIIproject than at Hydroproject. At NIIOSP, very large-scale bin (8 m by 8 m by 16 m) tests were being used to investigate pressure distribution in a soil mass due to plate loads at the surface (Dovnarovich 1977). Consolidation and ring shear tests were being conducted at UkrNIIproject with no evidence of electronics. Even though the equipment was performing the required task, it seemed antiquated.

General Impressions

32. The U. S. team received several impressions regarding Soviet

centrifuge technology. First, it appeared and was acknowledged by the Soviet scientists that the fundamental scaling laws have not been verified. It seems that the engineers have been pressured by program-oriented research for the past 40 odd years and have little documented data which confirm basic modeling laws or establish the limits of validity in centrifuge modeling. The reason for this state of affairs became clear in Kiev when N. N. Kuvaiyev said, "We are always pressed for answers to current project problems so that we have little time or budget for basic research. Our basic research, what little is done, is pirated from development projects." Along a related line, it was the impression of this writer that Soviet scientists, in general, do not deviate from rigidly prescribed programs. It almost seemed that if an area of great interest or potential were incidentally touched on in a research program, it would not be pursued further simply because it was not a part of the program.

33. The pertinent question "Do you have data comparing model and prototype?" was put to every installation visited by the U. S. team. Many articles in the literature make the qualitative statement that the correlation is good, but no data are shown. An answer to this question came first in discussions with Prof. Yakovleva. She pointed out that variations in field conditions make it extremely unlikely that a prototype could be exactly modeled in the centrifuge and therefore even if a single prototype test matched a set of model test results, the verification would be unconvincing.

34. There are two possible ways in which verification with prototypes may be made. One is to use centrifuge model tests to verify a theory of soil behavior and then apply the theory to many full-scale tests to obtain verification of the theory at full scale. The other is to obtain a large number of full-scale (prototype) tests and determine statistical averages of response and then run a similarly large series of tests in the centrifuge and compare statistics between model and prototype. The latter approach was used by Yakovleva in verifying centrifuge results of railroad bed fills on soft peat foundations for the Trans-Siberian Railroad, and the results of this work were presented in

the Proceedings of the Eighth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (Polshin et al. 1973 and Polshin et al. 1977).

35. It should be mentioned that there appears to be controversy among Soviet scientists within the Gosstroy regarding the value of centrifuge modeling. The greatest expressions of doubt came from the scientists at NIIOSP. A memorable statement made by S. V. Dovnarovich of NIIOSP in Kiev was translated as "Centrifuge modeling will no more accurately predict soil behavior than the aching bones of an old woman will predict changes in the weather." Needless to say, the Ukrainian researchers A. Pavlovna and N. N. Kuvaiyev disagreed.

Summary Remarks

36. The visiting U. S. team exchanged ideas with several prominent Soviet engineers and scientists, notably Cand. Sc. (Eng.) V. I. Scherbina, Cand. Sc. (Eng.) V. I. Vutsel, Dr. D. B. Radkevich, Prof. T. G. Yakovleva, Dr. A. S. Stroganov, Mr. N. N. Kuvaiyev, and Mrs. A. Pavlovna.

37. The Soviets are very advanced in certain areas of theoretical soil mechanics and centrifuge modeling as was confirmed by the sessions of the U. S. team with Prof. Yakovleva and Dr. Stroganov, but they are less advanced in development and use of laboratory equipment and experimental techniques. Soviet laboratory equipment was adequate for the work being performed, but was somewhat rudimentary and antiquated compared to laboratory equipment and instrumentation used in the United States. The centrifuge devices observed were adequate for the work being performed, but were basic and austere in that they lacked all but the most necessary instrumentation. For example, only one of the devices observed featured a visual monitoring system.

38. The approach taken to centrifuge modeling was also rather simplistic in terms of the types of problems being investigated. That is, soil was modeled as a one-phase system with no attention paid to the more interesting soil-water interaction problem. This could, however, be due to the conspicuous lack of electronic instrumentation which

would be required to investigate more complex problems. Only mechanical resonance transducers were observed in the U.S.S.R. by the U. S. team. Although these transducers offer some advantages, they also suffer disadvantages, making them unsuitable for certain applications. For instance, the following problems might be encountered in centrifuge model measurements using vibrating wire transducers:

- a. They require relatively large size. The transducers observed were about 15 cm long and 2.5 cm in diameter. Such an instrument placed in a centrifuge model and accelerated to say 100 g's would scale to become a structure 15.2 m and 20 cm in diameter in flight.
- b. The element must vibrate in order for the transducer to function. This could be a major disadvantage since vibrations themselves obey a certain scaling law in the gravity field of the centrifuge. This, combined with the inherent nonlinearity of the device, could make it difficult to use in conjunction with centrifuge modeling.
- c. The devices will be severely influenced by temperature changes unless the thermal properties of the frame and vibrating wire are carefully matched, and even with the most careful matching, temperature transience will adversely affect measurements.

It is the opinion of this writer that because of the availability of very versatile electronic instrumentation and technology in the U. S., investigators using geotechnical centrifuges would be able to explore more complex problems and achieve more complete results than their Soviet counterparts.

Conclusions

39. Valuable work is being accomplished by the Soviets in the area of geotechnical centrifuge testing and it would be mutually advantageous to continue scientific exchanges for the following reasons:

- a. The Soviets are very advanced in certain theoretical concepts that may prove valuable in proposed geotechnical modeling in the U. S. For example, the U. S. team was informed of several texts devoted entirely to the theory of centrifuge testing and one textbook devoted to the thermodynamics of the centrifuge. All, of course, are in the Russian language.

- b. A tremendous store of information has been accumulated over 50 years of Soviet experience with centrifuges. Much duplication of effort can be avoided by using the Soviet experience to advantage which they, at this time, seem willing to share.

References

All-Union Designing, Surveying, and Scientific Research Institute. 1973. "Hydroproject, Research Studies for Designing and Erection of Earth and Rockfill Dams," Prospectus for VIII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow.

Dovnarovich, S. V. 1977. "Experimental Research of the Dependence of Foundation Base Settlement on Volume Strain of the Soil in Shear," Proceedings, V Danube European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Bratislava, U.S.S.R., September 5-7.

Malushitsky, Y. N. 1975. "The Stability of Waste-Heap Embankments," Buolivelnik Publishing House, Kiev (translation from the Russian by D. R. Crane and A. N. Schofield, Cambridge University Engineering Department, unpublished).

Polshin, D. E., Rudnitsky, N. Y., Chizhikov, P. G., and Yakovleva, T. G. 1973. "Centrifuge Model Testing of Foundation Soils of Building Structures," Proceedings, VIII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow.

Polshin, D. E., Rudnitsky, N. Y., Shakhunyantz, G. M., and Yakovleva, T. G. 1977. "Model Tests of the Foundation Bases of Structures," Proceedings, IX International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo.

Scherbina, V. I. 1977. "Centrifuge Modelling Studies Associated with Design and Construction of Earth Dams," Translation 650, U. S. Army Engineer Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, N. H.

Vutsel, V. I., and Scherbina, V. I. 1976. "Experimental Investigation of Slope Deformations," Proceedings, VI European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vienna.

APPENDIX A
SCHEDULE AT HYDROPROJECT

P R O G R A M
of training of U.S. specialists in the
Laboratory of Centrifuge Modelling in the
Scientific Research Centre of Hydroproject

Moscow

7 to 14 September, 1979

7 September	The training program discussion. Visit to the Laboratory of investigations into soil engineering properties, forming a part of the Rock- and Earthfill Dams Department of the SRC of Hydroproject. A general introduction to the Laboratory of centrifuge modelling, the centrifuge installation and the instrumentation.
8 September	Free day.
9 September	Free day.
10 September	Introduction to the main principles of the centrifuge modelling of the embankment dams.
11 September	Centrifuge experiment for studying a rock- and earthfill dam strains. The model dismantling, measuring of the model residual strains, discussion of the experiment results.
12 September	Demonstrational experiments on the centrifuge with the final soil sample failure (methodical experiments). The experiments discussion.
13 September	Introduction to some results of a number of centrifuge model studies of soil materials. Preparation to the second experiment of the centrifuge studies of the strains in a rock- and earthfill dam model.
14 September	The centrifuge experiment and discussion of the results. The final meeting.

APPENDIX B

LIST OF ENGINEERS AND SCIENTISTS AT HYDROPROJECT

L I S T
OF EXPERTS OF THE SCIENTIFIC RESEARCH CENTRE
OF HYDROPROJECT PARTICIPATING IN THE MEETING
WITH THE US EXPERTS, 7 - 14 SEPTEMBER, 1979

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Kirillov A.P. | - Dr. of Techn. Sc., Deputy
Director of the SRC of
Hydroproject |
| 2. Vutsel V.I. | - Cand. of Techn. Sc., Head
of the Rock and Earthfill Dams
and Foundations Department
(R&EDFD) |
| 3. Shcherbina V.I. | - Cand. of Techn. Sc., Senior
Scientific Worker of R&EDFD |
| 4. Radkevich D.B. | - Eng., Head of the Instrumentation
Development Department |
| 5. Samarin V.G. | - Cand. of Techn. Sc., Senior
Scientific Worker of the
Scientific-Methodical Department
of Power Investigations |
| 6. Fedotova E.A. (Mrs.) | - Eng., Group Head of R&EDFD |
| 7. Kanenkova T.N. (Mrs.) | - Eng., Deputy Head of the Patent
and Information Department |

APPENDIX C

SCHEDULE AT UkrNIproject
(IN RUSSIAN)

ПРОГРАММА

стажирования специалистов США в лаборатории
устойчивости бортов и отвалов института
УкрНИИпроект в сентябре 1979 г.

Дата	Наименование мероприятий
1	2
22 сентября суббота	Приезд специалистов США в г. Киев и размещение их в гостинице.
23 сентября воскресенье	Ознакомление специалистов США с достопримечательностями г. Киева.
24 сентября понедельник 10-00 - 12-00	Приним специалистов США руководством научного отделения. Общая информация о направлении работ УкрНИИпроект по центробежному моделированию. Обсуждение программы стажирования.
12-00 - 13-00 13-00 - 17-00	Перерыв на обед. Ознакомление с лабораторией устойчивости бортов и отвалов.
25 сентября вторник 10-00 - 13-00 13-00 - 14-00 14-00 - 17-00	Ознакомление специалистов США с конкретными задачами, решаемыми УкрНИИпроект с помощью центробежного моделирования. Перерыв на обед. Подготовка опыта по центробежному моделированию устойчивости отвалов на слабом основании, обсуждение методики подготовки модели.
26 сентября среда 10-00 - 13-00 13-00 - 14-00 14-00 - 17-00	Проведение опыта по центробежному моделированию устойчивости отвала на слабом основании, разборка модели. Перерыв на обед. Обсуждение результатов моделирования.
27 сентября четверг	Отъезд специалистов США из УкрНИИпроект.

APPENDIX D
SYNOPSIS OF VISIT

MEMORANDUM

Visit of the USA Specialists to the USSR under WG 10.05 "Building for Extreme Climate and Unusual Geological Conditions"

6 September - 29 September

1979

In conformity with the Protocol of the Third meeting of the USA-USSR Joint Working Group 10.05 "Building for Extreme Climates and Unusual Geological Conditions" two American Specialists : James A.Cheney, Ph.D.-Civil Engineer, University of California, and Paul Gilbert - Engineer-Researcher, The Waterways Experiment Station, U.S.Army Corps of Engineers, visited the USSR from 6 September to 29 September 1979 to study the problems of application the centrifuge modelling method in the investigations of soil mechanics.

The American Specialists visited scientific and research institutes in Moscow (NIIOSP-Scientific Research Institute of Bases and Underground Structures and NIS Hydroproject -Scientific and Research Division of Hydroproject Institute) and in Kiev (UkrNIIproject) to become familiar with the laboratory testing equipment and techniques of solving the various problems by means of centrifuge modelling method.

The American Specialists visited NIS Hydroproject where they were acquainted with the laboratory of centrifuge modelling, the centrifuge installation and the instrumentation, the main principles of the centrifuge modelling of the embankment dams.

At the Scientific and Research Institute of Bases and Underground Structures of Gosstroy USSR the American

Specialists became familiar with the techniques of preparation and analysis of the experimental results with modelling the settlements and stability of bases of structures and buildings.

The American Specialists were given the opportunity to take the consultations of the specialists of Moscow Railway Engineering Institute on the problems of centrifuge modelling in railway construction.

At the UkrNIIproject Institute in Kiev the American Specialists were acquainted with the main principles of centrifuge modelling in coal industry .

A detail program of the American Specialists visit is attached as Appendix I.

The American Specialists were received on the principle "Receiving Side Pays".

During their visit Prof.J.Cheney and Eng.P.Gilbert saw the historical sights and architectural monuments of Moscow and Kiev, became familiar with the cultural life of the Soviet people.

The reception of American Specialists took place in a friendly atmosphere, and the results were beneficial to both sides.

The American Specialists express satisfaction with the results of the study mission and are grateful to the Soviet side for the cooperation during their visit in the USSR.

This Memorandum is written in English and Russian.

Both texts equally authentic. Each side has one copy of the

English and Russian texts of this Memorandum

From the Soviet side

A.V. SADOVSKIY

Deputy Director,

NIOSP, Gosstroy USSR

A. V. Sadovskiy

From the American side

J. CHENEY

Prof., University of

California

James A. Cheney

APPENDIX E
ACTUAL SCHEDULE OF EVENTS

P R O G R A M
of the American Specialists visit
in the USSR

6 - 29 september

1979

6 september	Arrival in Moscow, Airport Sheremetjevo, Hotel accommodations.
7 september	NIS Hydroproject. Discussion of the program of study mission. Visit to the Laboratory of investigations into soil engineering properties.
8 september	Cultural program
9 september	Cultural program
10 september	NIS Hydroproject. A general introduction to the Laboratory of centrifuge modelling, the centrifuge installation and the instrumentation.
11 september	NIS Hydroproject. Centrifuge experiment for studying a rock and earthfill dams strains.
12 september	NIS Hydroproject. Demonstrational experiments on the centrifuge with the final soil sample failure.
13 september	NIS Hydroproject. Introduction to some results of a number of centrifuge model studies of soil materials. Preparation to the second experiment of the centrifuge studies of the strains in a rock- and earthfill dam model.
14 september	The centrifuge experiment and discussion of the results. The final meeting.
15 september	Free time
16 september	Cultural program

17 september	NIIOSP. Visit to the laboratories of the institute. General introduction to the main principles of the centrifuge modelling of the foundations under building structures.
18 september	NIIOSP. Introduction to the theory of modelling. Visit to the Experimental Building.
19. september	<p>NIIOSP. Consultations with the specialists of Moscow Railway Engineering Institute (Prof. Yakovleva T.G.) on the problems of centrifuge modelling in railway construction. Characteristics of the centrifuge machines in the All-Union Scientific and Research Institute of Transport Construction, Dnepropetrovsk Railway Engineering Institute and Moscow Railway Engineering Institute.</p> <p>Theoretical principles of modelling in railway construction.</p>
20 september	NIIOSP. Continue consultation on the problem of modelling the settlements and consolidation of soils.
21 september	NIIOSP. Consultations on the problems of modelling the stability of slopes; dynamics effect of train load on the stability of slopes in the railway formations.
22 september	Cultural program
23 september	Cultural program
24 september	Kiev. UkrNIIPROJECT Institute. General introduction to the Laboratory of stability of slopes. Introduction to the main principles of the centrifuge modelling of stability of slopes.
25 september	<p>Kiev. UkrNIIPROJECT. Acquaintance with the specific problems which are solved by means of centrifuge modelling method.</p> <p>Preparation to the centrifuge experiment for studying the stability of slopes on a weak foundation.</p>

26 September	Kiev. UkrNIIPROJECT. Centrifuge experiment for studying the stability of slopes on a weak foundation. Discussion of the modelling results.
27 September	Departure for Moscow
28 September	Arrive in Moscow. Concluding meeting. Departure Prof. J.Cheney for USA.
29 September	Departure Eng. P.Gilbert for USA.

APPENDIX F
APPENDICES D AND E IN RUSSIAN

М Е М О Р А Н Д У М

о визите американских специалистов проф. Дж. Чиней
и инж. П. Гильберта в СССР
6-29 сентября
1979 год

В соответствии с Протоколом 11-го заседания совместной советско-американской группы 10.05 "Строительство в районах со сложными климатическими и геологическими условиями" два американских специалиста - Джеймс ЧИНЕЙ - профессор Калифорнийского университета и Пауль ГИЛЬБЕРТ - инженер экспериментальной станции водных путей Инженерного Корпуса Армии США были приняты в СССР на стажировку с 6 по 29 сентября 1979 г. с целью изучения вопросов применения метода центробежного моделирования в исследованиях по механике грунтов.

Американские специалисты посетили советские научно-исследовательские организации в г. Москве (НИИОСП и НИС Гидропроекта и г. Киев (УкрНИИпроект), где были ознакомлены с отдельными лабораториями и с методикой решения широкого круга задач механики грунтов с помощью центробежного моделирования.

В институте НИС Гидропроекта американские специалисты ознакомились с применением метода центробежного моделирования при проектировании и строительстве крупных плотин.

В НИИ оснований и подземных сооружений Госстроя СССР американские специалисты были ознакомлены с методикой подготовки и анализа результатов опытов при моделировании осадок и устойчивости оснований зданий и сооружений.

Американским специалистам была предоставлена возможность получить консультации у специалистов МПИТа по вопросам применения центробежного моделирования в железнодорожном строительстве.

В Украинском проекте в г. Киеве американские специалисты были ознакомлены с применением метода центробежного моделирования в угольной промышленности.

Программа пребывания американских специалистов в СССР дана в Приложении I.

Американские специалисты принимались по принципу "принимающая сторона платит."

За время пребывания в СССР проф. Дж. Чиней и инж. П. Гильберт имели возможность ознакомиться с историческими достопримечательностями и архитектурными памятниками г. Москвы и Киева, культурной жизнью советского народа.

Прием американских специалистов проходил в дружественной атмосфере, а результаты визита будут полезны для обеих сторон.

Американские специалисты выражают удовлетворение результатами проведенной работы и выражают признательность советской стороне за сотрудничество во время их визита в СССР.

Настоящий Меморандум составлен на русском и английском языках. Оба текста имеют аутентичное значение. Каждая сторона имеет текст этого документа на русском и английском языках.

От советской стороны

САДОВСКИЙ А.В.

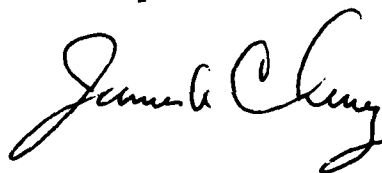
Зам. директора Научно-исследовательского института оснований и подземных сооружений им. Персеянова
Госстроя СССР



От американской стороны

ЧИНЕЙ ДЖЕЙМС

Американский стажер
Профессор Калифорнийского
Университета



Приложение I

ПРОГРАММА
пребывания американских специалистов
в СССР

6 сентября - 29 сентября
1979г.

дата	мероприятие
6 сентября	Прибытие в Москву. Встреча в аэропорту Шереметьево. Размещение в гостинице.
7 сентября	НИС Гидропроекта. Обсуждение программы стажировки. Знакомство с лабораторией исследований строительных свойств грунтов.
8 сентября	Культурная программа
9 сентября	Культурная программа
10 сентября	НИС Гидропроекта. Ознакомление с основными принципами центробежного моделирования.
11 сентября	НИС Гидропроекта. Проведение опыта на центробежной машине с целью исследования деформаций каменно-набросной плотины.
12 сентября	НИС Гидропроекта. Проведение опыта на центробежной машине с разрушением грунтовых образцов.
13 сентября	НИС Гидропроекта. Ознакомление с некоторыми результатами ряда модельных исследований из грунтовых материалов на центрифуге. Подготовка второго эксперимента по исследованию деформаций модели каменно-набросной плотины на центрифуге.
14 сентября	Проведение эксперимента. Обсуждение результатов. Заключительная встреча.
15 сентября	Свободное время
16 сентября	Культурная программа
17 сентября	НИИОСП. Ознакомление с лабораториями института и с принципами моделирования оснований зданий и сооружений на центробежной машине.
18 сентября	НИИОСП. Ознакомление с теорией моделирования. Осмотр экспериментального корпуса.

дата	мероприятие
19 сентября	НИИОСП. Консультации со специалистом МИИТа (проф. Яковлевой Т.Г.) по вопросу центробежного моделирования земляного полотна железной дороги. Характеристика центробежных установок ЦИИСа, МИИТа, МИИТа. Теоретические основы моделирования земляного полотна железных дорог.
20 сентября	НИИОСП. Продолжение консультаций по вопросу моделирования осадок и консолидации грунтов.
21 сентября	НИИОСП. Консультации по вопросам моделирования устойчивости откосов насыпей и выемок, учёта динамики воздействия поездной нагрузки на устойчивость откосов насыпей.
22 сентября	Культурная программа
23 сентября	Культурная программа
24 сентября	Киев. УкрНИИпроект. Общая информация о направлении работ УкрНИИпроекта по центробежному моделированию. Знакомство с лабораторией устойчивости откосов.
25 сентября	Киев. УкрНИИпроект. Знакомство американских специалистов с конкретными задачами, решаемыми УкрНИИпроектом с помощью центробежного моделирования. Подготовка опыта по центробежному моделированию устойчивости откосов на слабом основании.
26 сентября	Киев. УкрНИИпроект. Проведение опыта по центробежному моделированию устойчивости откосов на слабом основании. Обсуждение результатов моделирования.
27 сентября	Отъезд в Москву.
28 сентября	Прибытие в Москву. Заключительная беседа. Отъезд из Москвы проф. Чиней дж.
29 сентября	Отъезд из Москвы инж. П.Гимберта.

APPENDIX G
REFERENCE LIST, ARTICLES RELATED TO
RAILROAD ENGINEERING SOIL MECHANICS
(IN RUSSIAN)

ЛИТЕРАТУРА

1. Агениян Т.А. Теория вероятностей для астрономов и физиков. М., "Наука", 1974.
2. Алабужев П.М. Лекции по основам теории подобия и моделирования. Изд. Сиб. фил. АН СССР, Новосибирск, 1968.
3. Алабужев П.М., Геронимус В.Б. и др. Теория подобия и размерностей. Моделирование. М., "Высшая школа", 1968.
4. Альберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. Пер. с англ. М., "Мир", 1972.
5. Альбрехт В.Г. и др. Вопросы пути и путевого хозяйства на линиях с большой грузонапряженностью. - "Труды НИИЖТа", вып. 48, М., "Транспорт", 1965.
6. Альбрехт В.Г. и др. Совершенствование конструкций пути и стрелочных переводов. - "Труды ЦНИИ", вып. 501, М., "Транспорт", 1973.
7. Альпин Л.М. Практические работы по теории поля. М., "Недра", 1971.
8. Бадалаха И.К. К вопросу устойчивости насыпей на слабых основаниях. - В сб.: Вопросы геотехники, Изд. ДИИТа 1968, №13.
9. Бакки П.Б. Опытное исследование напряжения в горных породах. "Горный журнал", 1934, №7, пер. с англ.
10. Баловнев В.И. Физическое моделирование резания грунтов. М., "Машиностроение", 1969.
11. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М., "Машиностроение", 1974.
12. Баркан Д.Д. Экспериментальные исследования сотрясений грунта, вызываемых паровозом. Изд. АН СССР, инженерный сб. 1946, т.3, вып. 1(2).

13. Безухов И.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М., "Высшая школа", 1968.
14. Бельфер С.М. О масштабе времени при моделировании деформаций грунтовых оснований. - "Труды МИИТа", 1968, вып. 273. М., "Транспорт".
15. Бельфер С.М. Исследование влияния характеристик состояния грунта на деформации оснований железнодорожных насыпей. - "Труды МИИТа", 1965, вып. 210, М., "Транспорт".
16. Березанцев В.Г., Ярошенко В.А. и др. Исследование прочности песчаных оснований. М., "Трансжелдориздат", 1958.
17. Берталанфи. Л. Общая теория систем; критический обзор. В со: "Исследования по общей теории систем", М., "Прогресс", 1969.
18. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. М., "Наука", 1973.
19. Бористов А.А., Нифонтов В.И., Шабалин А.И. Моделирование взаимодействия массивов пород с крепью вертикальных выработок. Л., "Наука", 1972.
20. Брейтман В.М. Критерии интегрального подобия. "Журнал технической физики", 1952, т. XXII, вып. 4.
21. Брейтман В.М. Теория и методы размерностей, подобия и моделирования в малом. - Доклады пятой межвузовской конференции по физическому и математическому моделированию. Секция "Общие вопросы метода моделирования". М., изд. МЭИ, 1968.
22. Булычев В.Г. Механика дисперсных грунтов. М., "Стройиздат", 1974.
23. Ваничев А.П. О расширении содержания физического подобия. - "Журнал технической физики", 1938, т. VIII, вып. 2.
24. Веницкий И.Г., Кульдишев Г.С. Основы теории вероятностей и математической статистики. М., "Статистика", 1968.
25. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. М., "Высшая

школа", 1966.

26. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., Гос. изд. ф.-и. литературы, 1962.
27. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. М., "Наука", 1969.
28. Вериго М.Ф. Расчет напряжений в балластном слое и на основной площадке земляного полотна. - "Труды ЦНИИ МПС", вып. 97, М., "Трансмелдориздат", 1955.
29. Вериго М.Ф. и др. Оценка воздействия на путь современных электропоездов и тепловозов. М., "Транспорт", 1961.
30. Вериго М.Ф. и др. Вопросы взаимодействия пути и подвижного состава. - "Труды ЦНИИ МПС", 1963, вып. 268, М., "Трансмелдориздат".
31. Вериго М.Ф., Лысюк В.С. О принципах расчета прочности земляного полотна в зоне его основной площадки. - "Вестник ВНИИЖТа", 1972, №5.
32. Вериго М.Ф. и др. Динамические исследования пути и корректировка правил расчетов железнодорожного пути на прочность - "Труды ЦНИИ МПС", 1972, вып. 466, М., "Транспорт".
33. Вериго М.Ф., Иванов И.А., Амеличев И.В., Антипов А.С. Какой быть конструкции железнодорожного пути? - "Вестник ВНИИЖТа", 1974, №9.
34. Вознесенский С.А. Исследование эксплуатационной надежности железнодорожных насыпей. Изд. Воронежского Университета, Воронеж, 1974.
35. Вуцель В.И. Проектирование и современные тенденции в строительстве каменно-земляных плотин. - "Труды Гидропроекта", 1973, вып. 32, М., изд. Гидропроекта.
36. Вуцель В.И., Самарин И.А., Синявский С.В. О расчете устойчивости и деформаций откосов плотины гидроаккумулирующих электростанций. - "Труды Гидропроекта", 1973, вып. 33, М., изд. Гидропроекта.

37. Выбор оптимальных параметров восьмиосного полувагона. - "Труды МИИТа", 1962, вып. 153, М., "Трансжелдориздат".
38. Выбор параметров и конструктивных схем грузовых вагонов. - "Труды ЦНИИ МПС", 1966, вып. 189, М., "Транспорт".
39. Галченков А.М. Применение сельсинов для измерения перемещений при центробежном моделировании. Информационное письмо ЦНИИС, 1955, №6.
40. Геронимус В.Б. Исторический очерк развития теории прочностного подобия и моделирования. - "Труды НИИЖТа", 1961, вып. ХХІУ, Новосибирск.
41. Геронимус В.Б. Нелинейное подобие и его применение к моделированию. - "Труды НИИЖТа", 1961, вып. ХХІУ, Новосибирск.
42. Гухман И.И., Скороход А.В. Введение в теорию случайных процессов. М., "Наука", 1965.
43. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Лapidус Д.С. Исследование оползней течения. В сб: Вопросы геотехники, 1962, №5, изд. ДИИТа, Днепропетровск.
44. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Шадунц К.Ш. К вопросу о дренировании связанных оползневых грунтов. В сб: Вопросы геотехники, 1963, №6, изд. ДИИТа, Днепропетровск.
45. Гольдштейн М.Н. Некоторые вопросы проектирования и лечения земляного полотна. В сб: Вопросы геотехники, 1965, №9, изд. ДИИТа, Днепропетровск.
46. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я. и др. Исследование глубоких оползней Одессы. В сб: Вопросы геотехники, 1968, №12, изд. ДИИТа, Днепропетровск.
47. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Тимофеева Т.А. О длительной устойчивости оползневых склонов. В сб: Вопросы геотехники. 1969, №16, Киев, "Будівельник".
48. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Бабицкая С.С. О прочнос-

ти пластичных водонасыщенных глин. Труды к VII Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. Секция I, М., 1969.

49. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. Издание второе, переработанное. М., Изд. лит. по стр-ву, 1971.
50. Гольдштейн М.Н., Кушнер С.Г., Тубольцев В.М. Исследование осадок фундаментов при давлениях, превышающих нормативное, методом центробежного моделирования. В сб: Вопросы геотехники, 1972, №20, Изд. ДИИТа, Днепропетровск.
51. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов (основные компоненты грунта и их взаимодействие). М., "Стройиздат", 1973.
52. Гольдштейн М.Н., Кушнер С.Г., Паймышева А.П., Тубольцев В.М., Шевченко М.И. Экспериментальные исследования сжимаемости глинистых оснований. В сб: Вопросы геотехники, 1974, №23, Изд. ДИИТа, Днепропетровск.
53. Гольдштейн М.Н., Преображенский О.С., Рахманов Г.Г., Тубольцев В.М., Шевченко М.И. Исследование несущей способности виброштампованных и буронабивных свай. В сб: Вопросы геотехники, 1974, №23, Изд. ДИИТа, Днепропетровск.
54. Губин Ф.Ф., Пригоровский Н.И., Хесин Г.Л. Встроенный вариант гидроэлектростанции и его исследования. - "Гидротехническое строительство", 1958, №1.
55. Гухман А.А. Научно-исследовательская работа в области физической теплотехники. - "Журнал технической физики", 1938, т. III, вып. I.
56. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. М., "Высшая школа", 1963.
57. Давыденков Н.Н. Новый метод применения моделей к изучению равновесия в грунтах. - "Журнал технической физики", 1938,

т. III, вып. I.

58. Давыденков Н.Н. Новый способ применения моделей к изучению равновесия сооружений. "Метрострой", 1933, №3.
59. Девдариани А.С. Математический анализ в геоморфологии. М., "Недра", 1967.
60. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. М., Гос. изд. Ф-м лит-ры, 1962.
61. Джонсон Р., Каст Ф., Розенцвейг Д. Системы и руководство. Пер. с англ., М., "Советское радио", 1971.
62. Директор С., Рорер Р. Введение в теорию систем. Пер. с англ., М., "Мир", 1974.
63. Добров Э.М. Оценка устойчивости земляного полотна с учетом реологических свойств грунтов. - "Труды СоюзДОРНИИ", 1972, вып. 58, М.
64. Добров Э.М. Основные принципы и методика оценки длительной устойчивости откосов земляного полотна. - "Труды СоюзДОРНИИ", 1974, вып. 74, М.
65. Дома будут прочнее. "Правда", 1970, 19 июня.
66. Дьяченко В.Ф. Основные понятия вычислительной математики. М., "Наука", 1972.
67. Ершов В.А. Устойчивость песчаных насыпей в связи с колебаниями, вызываемыми железнодорожным и автомобильным транспортом. - "Труды ЛИСИ", 1962, вып. 37, Л.
68. Хинкин Г.Н. и Перетрухин Н.А. Сооружение земляного полотна железных дорог в районах вечной мерзлоты. Л., 1961.
69. Журавлев А.И. Исследование устойчивости откосов на моделях земляных плотин при помощи центробежного прибора. - "Бюллетень Гидротехгеоинститута", 1932, №10, М.
70. Запольский В.М. Дистанционная измерительная аппаратура для центробежного моделирования. - "Труды НИГРИ", 1957, "Метал-

лургиздат".

71. Запольский В.П., Майлин Л.Р. Исследование методами моделирования вопросов горного давления в условиях Никопольского бассейна. - "Труды НИГРИ", 1957, "Металлургиздат".
72. Зарецкий Ю.К. Теория консолидации грунтов. Под редакцией чл.-кор. АН СССР проф. Цытовича Н.А. М., "Наука", 1967.
73. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики. М., "Наука", 1967.
74. Иванов Д.И. Выбор рациональных методов записи перемещений в поле центробежных сил. - "Труды МИИТа" 1965, вып. 210, М., "Транспорт".
75. Иванов Д.И. Эффективный метод измерения перемещений при исследовании методом центробежного моделирования. - "Труды МИИТа", 1968, вып. 273, М., "Транспорт".
76. Иванов Д.И. Изучение работы электрических датчиков при исследовании нарушения предельного равновесия моделей насыпей - "Труды МИИТа", 1973, вып. 443, М.
77. Иванов Д.И. Дистанционное измерение углов разворота кареток на центробежных машинах. - "Труды МИИТа", 1974, вып. 462, М.
78. Иванов Н.Н., Орнатский Н.В., Бабков В.Ф. IУ Международный конгресс по механике грунтов и фундаментостроению. М., "Автотрансиздат", 1958.
79. Ивахненко А.Г., Лапа В.Г. Предсказание случайных процессов. Киев, "Наукова думка", 1971.
80. Игнатъев А.Д. Исследование устойчивости очистного забоя. М., "Наука", 1967.
81. Иень Шу-чунь. Устройство железнодорожных выемок в лёссах и лёссовидных грунтах. Автореферат дисс. на соискание уч. ст. к.т.н., М., МИИТ, 1957.

82. Иень Шу-чунь. К устройству железнодорожных выемок в лёссах и лёссовидных грунтах. - "Транспортное строительство", 1958, №3.
83. Иоффе А.Я. О применении центробежной машины для исследования устойчивости откосов. - "Гидротехническое строительство", 1933, №6.
84. Иоффе А.Я., Покровский Г.И. К вопросу о методике лабораторного определения угла устойчивого откоса на центрифуге. - "Журнал технической физики" т. IУ, вып. 3., 1934.
85. Иоффе А.Я. К теории силового поля при центробежном моделировании. - "Журнал технической физики", 1934, т. IУ, вып. 8.
86. Иоффе А.Я. О масштабе времени при моделировании земляных гидротехнических сооружений на центрифуге. - "Журнал технической физики", 1934, т. IУ, вып. 8.
87. Иоффе А.Я. К моделированию фильтрации. - "Журнал технической физики", 1935, т. У, вып. 5.
88. Исследование несущей способности фундаментов из свай и оболочек. - "Труды ЦНИИС", 1969, вып. 66, М., "Транспорт".
89. Исследования по общей теории систем. Сб. переводов. М., "Прогресс", 1969.
90. Казакевич Д.И. Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии. Л., Гидрометеорологическое издательство, 1971.
91. Каплунов Р.П., Панин И.М. К вопросу исследования элементов горных работ методом центробежного моделирования и определения масштаба времени. - "Труды Горного ин-та", 1950, вып. 8, "Углетехиздат".
92. Карлин С. Основы теории случайных процессов. Пер. с англ. М., "Мир", 1971.
93. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географи-

- ческое распространение. М., "Географиздат", 1948.
94. Кемпфер Ф. Путь в современную физику. Пер. с англ. М., "Мир", 1972.
95. Керзон Хуанг. Статистическая механика. Пер. с англ. М., "Мир", 1966.
96. Кирпичев М.В. Теория моделирования. - "Журнал технической физики", 1934, т. IУ, вып. 3.
97. Кирпичев М.В. Теория подобия как основа эксперимента. М.-Л., "220 лет АН СССР. Юбилейная сессия." 1947.
98. Кирпичев М.В. и Конаков П.К. Математические основы теории подобия. М.-Л., 1949.
99. Кирпичев М.В. Теория подобия. М., изд. АН СССР, 1953.
100. Киселев В.А. Балки и плиты на сплошном упругом основании. Из-во ОНТИ, М.-Л., Гл. редакция строительной литературы, 1936.
101. Киттель У., Найт У., Рудерман М. Механика. Пер. с англ. М., "Наука", 1971.
102. Коваленко Н.Н., Марко Я.Ю., Козин Д.Д. Результаты исследования деформаций в краевых зонах торфяных оснований дорожных насыпей. В сб: "Строительство на торфяных грунтах". Материалы к первой всесоюзной конференции по строительству на торфяных грунтах. ч. II, Калинин, 1972.
103. Козлов В.А. Влияние режима разгона машины на результаты центробежного моделирования. - "Труды МИИТа", 1968, вып. 273, М., "Транспорт".
104. Колмогоров А.И. Локальная структура турбулентности в несжимаемой вязкой жидкости при очень больших числах Рейнольдса. ДАН СССР, 1941, т. 30, №4.
105. Конаков П.К. Теория подобия и анализ размерностей. Теория подобия и моделирование. М., АН СССР, 1961.

106. Кондрашихин В.Т. Теория ошибок. М., "Транспорт", 1969.
107. Коншин Г.Г. Экспериментальное исследование распределения динамических напряжений в теле земляного полотна. - "Труды МИИТа", 1965, вып. 210, М., "Транспорт".
108. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Пер. со второго америк. перераб. изд. М., "Наука", 1974.
109. Костыгова А.В., Ушкалова М.И. Исследование устойчивости откосов мокрых лёссовых выемок. В сб: Вопросы геотехники, 1968, №12, изд. ДИИТа.
110. Коэффициенты перевода единиц измерения физико-технических величин, М., "Атомиздат", 1967.
111. Крамбейн У., Кауфман М., Мак-Кеммон Р. Модели геологических процессов. Пер. с англ. М., "Мир", 1973.
112. Кречмер В.В. О моделировании посредством центробежной установки при наличии фильтрации грунтовой воды. Сб. НИОСП, 1949, №13, М., "Госстройиздат".
113. Кречмер В.В. О некоторых задачах теории механического подобия. ДАН СССР, 1949, т. , №4, М.-Л., изд. АН СССР.
114. Крон Г. Исследование сложных систем по частям - диакоптика. Пер. с англ. М., "Наука", 1972.
115. Ксенофонтов А.И. Релаксационная теория консолидации и новый метод расчета осадки во времени. - "Труды МИИТа", 1965, вып. 197, М., изд. МИИТа.
116. Кузьменко А.Б., Маркевич В.А. Исследование сил и ускорений, действующих на модель земляного полотна при центробежном моделировании. Сб. студенческих научных работ. 1965, №4, М., изд. МИИТа.
117. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Механика. Электродинамика. М., "Наука", 1969.

118. Лалидус Л.Г. Условия подобия при моделировании с учетом ползучести материала. - "Строительная механика и расчет сооружений", 1960, №6.
119. Лалидус Л.С. К расчету перемещений земной поверхности, вызванных подземными разработками. В сб: Вопросы геотехники, 1961, №4, изд. ДИИТа.
120. Лалидус Л.С., Шадунц К.Ш. Укрепление откосов слабых насыпей сваями. В сб: Вопросы геотехники, 1962, №5, изд. ДИИТа.
121. Ларченко Е.Г. Вычислительная техника и экономика - математические методы в землеустройстве. М., 1973, "Недра".
122. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. М., "Наука", 1972.
123. Лысюк В.С., Поздняков Б.И., Титов В.П. Методика расчета несущей способности основной площадки эксплуатируемого земляного полотна. Под ред. Вериги М.Ф. - "Труды ЦНИИ МПС", 1971, вып. 451, М., "Транспорт".
124. Магдеев У.Х. Методика и результаты экспериментального исследования устойчивости откосов в условиях пространственной задачи. - "Железнодорожный транспорт", 1972, №8.
125. Магдеев У.Х. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований устойчивости откосов. - "Труды СоюзДОРНИИ", 1974, вып. 74, М.
126. Маделунг Э. Математический аппарат физики. Пер. с англ. М., "Наука", 1968.
127. Малышицкий Ю.Н. Методика лабораторных исследований и расчетов углов отвалных откосов. В сб: Научные записки, 1961, вып. 5, Киев, УкрНИИпроект.
128. Малышицкий Ю.Н. и Сахно А.П. Центробежное моделирование отвалов. Сб. докладов "Вопросы инженерной геологии", 1970, вып. 2, Л., Географическое общество СССР.

129. Малюшицкий Ю.Н. Решение сложных геотехнических задач методом центробежного моделирования. Основания, фундаменты и механика грунтов. Материалы III Всесоюзного совещания, Киев, "Будівельник", 1971.
130. Малюшицкий Ю.Н. Установка для определения устойчивости породных откосов на разрезах методом центробежного моделирования. Киев, "Реклама", 1971.
131. Малюшицкий Ю.Н. Устойчивость насыпей откосов. Киев. "Будівельник", 1975.
132. Марготьев А.Н. К расчету динамической устойчивости насыпей. - "Вестник ЦНИИ МПС", 1961, №1.
133. Марготьев А.Н., Ананьев Н.И. Применение сейсмоаппаратуры и ЭЦВМ для исследования колебаний сплошных сред. ЦНИИ МПС, М., "Транспорт", 1967.
134. Мартин Ф. Моделирование на вычислительных машинах. Пер. с англ. М., "Советское радио", 1972.
135. Мастаченко В.Н. Основы теории моделирования строительных конструкций с учетом случайных явлений. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н., М., МИИТ, 1970.
136. Месчан С.Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения. М., "Недра", 1974.
137. Методические указания по определению физико-механических свойств грунтов в полустационарной лаборатории изыскательских экспедиций. М., Оргтрансстрой. 1961.
138. Методические указания по проектированию земляного полотна на слабых грунтах. М., Оргтрансстрой, 1968.
139. Мигин С.И. Исследование сползания земляных откосов на моделях в центрифуге ВОДГЕО. - "Труды лаб. гидротех. сооружений ВНИИ I" М., "Стройиздат", 1939.

- I40. Мусин А.Ч., Чебдарова Ю.И. Новые приборы и аппаратура для измерения деформаций при центробежном моделировании. В кн. "Методы и приборы для изучения горного давления". М., "Недра", 1964.
- I41. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Пер. с англ. т. 2. М., "Мир", 1969.
- I42. Назаров А.Г. О механическом подобии деформируемых тел. Изд. АН Арм. ССР, 1965.
- I43. Наседкин Н.А., Булычев В.Г. Распределение напряжений на поверхности круглой трубы, помещенной в грунт. - "Журнал технической физики", 1937, т. VII, вып. 17.
- I44. Наседкин Н.А. Статистическая теория моделирования. Торфяной ин-т. Рукопись. 1937.
- I45. Наседкин Н.А. Центробежное моделирование и моделирование работы торфяного пресса. - "Бюллетень торфяного ин-та", 1937, №3.
- I46. Наседкин Н.А. Исследование быстропотекающих деформаций дисперсных систем. - "Журнал технической физики", 1938, т. VIII, вып. 3.
- I47. Наседкин Н.А. Определение напряжений в торфяном массиве под действием статической нагрузки (методом центробежного моделирования). Калининский торфяной институт. Рукопись. 1939.
- I48. Наседкин Н.А. Термодинамическая теория моделирования применительно к грунтам и почвам. Докторская диссертация. Горный ин-т. Рукопись. 1940.
- I49. Насонов И.Д. Моделирование горных процессов. М., "Недра" 1969.
- I50. Научно-исследовательские работы для проектирования и строительства земляных и каменно-земляных плотин. Проспект к

УИИ Международному конгрессу по мех. гр. и фундаменто-
строению. М., изд. Гидропроекта, 1973.

151. Никитин Л.П. Объяснение - функция науки. М., "Наука", 1970.
152. Ничипорович А.А. Определение трения и сцепления связных грунтов. - "Труды ВОДГЕО", 1940, сб. №2.
153. Ольховский Н.И. Курс теоретической механики для физиков. М., "Наука", 1970.
154. Отчет о научно исследовательской работе. Общие требования и правила оформления. ГОСТ 19600-74 Гос. ком. стандартов Сов. Мин. СССР, М., 1974.
155. Пересветова Г.Г. Об исследовании устойчивости откосов ж.д. выемок методом центробежного моделирования. - "Транспортное строительство", 1969, №2.
156. Пересветова Г.Г. Поверхностные спливы откосов ж.д. выемок в условиях Севера Европейской территории СССР. - "Труды МИИТа", 1969, вып. 298, "транспорт".
157. Перетрухин Н.А., Цвелодуб В.И., Яковлева Е.А. Новое в сооружении земляного полотна. - "Транспортное строительство", 1973, №11.
158. Петрова Л.П. Методика и первый опыт моделирования на центрифуге нарушения устойчивости откоса, сложенного глинистыми грунтами с целью оценки сопротивления грунтов сдвигу. - "Ученые записки ВЗИИТ", 1964, вып. 13.
159. Петров Л.В. Исследование осадок торфяных оснований железнодорожных насыпей методом центробежного моделирования. - "Труды ЦНИИС", 1961, вып. 40, М., "Трансжелдориздат".
160. Петров Л.А. Логическая функция категорий диалектики. М., "Высшая школа", 1972.

161. Пешков П.Г. Электрохимическое закрепление переувлажненных грунтов при сооружении выемок. - "Труды МИИТа", 1963, М., "Трансжелдориздат".
162. Питлюк Д.А. Испытание строительных конструкций на моделях. Л., изд. лит. по стр-ву, 1971.
163. Пичугин А.В. Торфяные месторождения. М., "Высшая школа", 1967.
164. Поиск азербайджанских ученых. "Московская правда", 1970, 17 июня.
165. Покровский Г.И., Федоров И.С. О влиянии вибраций на осадку модельных фундаментов. - "Журнал технической физики", 1933, т. III, вып. 4.
166. Покровский Г.И. О применении центрифуги при изучении моделей сооружений из грунта. - "Журнал технической физики", 1933, т. III, вып. 4.
167. Покровский Г.И., Булычев В.С. Исследование давления земли на трубы при помощи моделей. - "Гидротехническое строительство", 1934, №5.
168. Покровский Г.И., Иоффе А.Я. К вопросу о методике лабораторного определения угла устойчивого откоса грунта на центрифуге. - "Журнал технической физики", 1934, т. IV, вып. 3.
169. Покровский Г.И. О влиянии вибраций на внутреннее трение в дисперсных средах. - "Журнал технической физики", 1934, т. IV, вып. 8.
170. Покровский Г.И. Принципы моделирования оснований сооружений. - "Журнал технической физики", т. IV, вып. 2.
171. Покровский Г.И. Принципы моделирования оснований сооружений. Сб. ВИОС, 1934, №3.
172. Покровский Г.И. О пределах масштаба при центробежном мо-

делировании. - "Журнал технической физики", 1935, т. У, вып. 9.

173. Покровский Г.И. Центробежное моделирование. ОНТИ, 1935.
174. Покровский Г.И., Федоров И.С. Исследование давления грунта и деформации с помощью центрифуги. Труды Первого Междуна. Конгресса по механике грунтов и фундаментостроению. Гарвард, 1936.
175. Покровский Г.И., Купцов И.Г. Определение давления грунта на трубы в траншеях. Из-во АКХ РСФСР, 1937.
176. Покровский Г.И. Действие удара и взрыва в деформируемых средах. Ч. II, М., изд. ВИА, 1938.
177. Покровский Г.И. и Федоров И.С. Исследование осадки круглых штампов с различными заглублениями их в грунт. - "Журнал технической физики", 1938, т. VIII, вып. 7.
178. Покровский Г.И. Исследование удара и взрыва в деформируемых средах. Ч. I, М., изд. ВИА РККА, 1938.
179. Покровский Г.И. Физические предпосылки расчета масштаба времени при деформациях грунтов. - "Журнал технической физики", 1938, т. VIII, вып. 15.
180. Покровский Г.И., Федоров И.С. Исследование при помощи центробежного моделирования напряжения от грунта по контуру оболочки туннеля метор. - "Журнал технической физики", 1939, т. IX, вып. 10.
181. Покровский Г.И., Федоров И.С. Моделирование осадок оснований. М., "Госстройиздат", 1939.
182. Покровский Г.И., Федоров И.С. Моделирование прочности грунтов. М., "Госстройиздат", 1939.
183. Покровский Г.И., Федоров И.С. Исследование удара и взрыва в деформируемых средах. Ч. III, М., изд. ВИА, 1940.
184. Покровский Г.И., Федоров И.С., Докучаев М.М. Теория и пра-

- ктика строительства плотин направленными взрывами. М., Гос. изд. лит-ры по стр-ву и архитектуре, 1951.
185. Покровский Г.И. и Федоров И.С. Центробежное моделирование для решения инженерных задач. М., Гос. изд. лит-ры по стр-ву и архитектуре. 1953.
186. Покровский Г.И., Федоров И.С. Действие удара и взрыва в деформируемых средах. М., "Госстройиздат", 1957.
187. Покровский Г.И. О моделировании действия вибраций на грунты. - "Труды Гидропроекта", 1962, сб. 7.
188. Покровский Г.И., Федоров И.С. Применение направленного взрыва в гидротехническом строительстве. М., "Госстройиздат", 1963.
189. Покровский Г.И. Взрыв. М., "Недра", 1967.
190. Покровский Г.И. Гравитация и инерция. М., "Знание", 1967.
191. Покровский Г.И. и Федоров И.С. Центробежное моделирование в строительном деле. М., изд. лит. по стр-у, 1968.
192. Покровский Г.И., Федоров И.С. Центробежное моделирование в горном деле. М., "Недра", 1969.
193. Покровский Г.И., Федоров И.С. Возведение гидротехнических земляных сооружений направленным взрывом. М., изд. лит. по стр-ву, 1971.
194. Полисар Г.Л. Моделирование. М., Военное издательство министерства обороны СССР, 1963.
195. Польшин Д.Е. Опыт применения метода расчета оснований и сооружений по предельному состоянию и предложения по его совершенствованию. М., 1958.
196. Польшин Д.Е., Рудницкий Н.Я., Чижиков П.Г., Яковлева Т.Г. Центробежное моделирование оснований сооружений. Труды к VIII Международному Конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению, Гл. сессия I. М., Стройиздат, 1973.

197. Попов Л.А. Исследование устойчивости откосов намываемых дамб шламохранилищ методом центробежного моделирования. - "Труды ВНИИ ВОДГЕО", лаборатория земляных сооружений, 1972.
198. Пригоровский Н.И., Хесин Г.Л. Моделирование в центробежном поле гравитационных напряжений в массивных сооружениях с учетом особенности деформации основания. - "Гидротехническое строительство", 1961, №3.
199. Проблемы методологии системного исследования. М., "Мысль", 1970.
200. Проектирование и возведение земляного полотна железных и автомобильных дорог. Сб. изд. АН СССР, 1950.
201. Прокопович А.Г. Экспериментальные исследования осадок насыпей. - "Транспортное строительство", 1956, №II.
202. Пугачев В.С. Статистические методы в технической кибернетике. М., "Советское радио", 1971.
203. Рамберг Х. Моделирование деформаций земной коры с применением центрифуги. Пер. с англ. М., "Мир", 1970.
204. Расчет физических полей методами моделирования. Под редакцией Люстерниха Л.А. и Волинского Б.А. М., "Машиностроение", 1968.
205. Рейнер М. Реология. Пер. с англ. М., "Наука", 1965.
206. Ривкин И.Д., Запольский В.Н. Давление обрушенных пород на рудный массив. - "Горный журнал", 1952, №3.
207. Ривкин И.Д., Запольский В.П. Опыт решения задач управления горным давлением методом моделирования. Сб. ВНИИ, "Металлургиздат", 1962.
208. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л., "Гидрометеиздат", 1974.
209. Розанов Ю.А. Случайные процессы. М., "Наука", 1971.

210. Розовский Л.Б. Введение в теорию геологического подобия и моделирования (применение природных аналогов и количественных критериев подобия в геологии). М., "Недра", 1969.
211. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. М., "Советское радио", 1968.
212. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Аппроксимативные методы анализа случайных процессов. М., "Энергия", 1974.
213. Рудницкий Н.Я. К расчету осадок фундаментов на рыхлых песках. - "Основания, фундаменты и механика грунтов", 1968, №2.
214. Рудницкий Н.Я. Центробежное моделирование осадок песчаного основания жесткой фундаментной плиты с учетом объемного веса. - "Основания, фундаменты и механика грунтов", 1972, №1.
215. Сборник: "Устойчивость породных масс и осушение карьеров" Киев, "Техника", 1968.
216. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. М., "Наука", 1968.
217. Свешников А.А. Основы теории ошибок. Л., изд. Ленингр. ун-та, 1972.
218. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М., "Гостехиздат", 1957.
219. Седов Л.И. Методы подобия и размерностей в механике. Изд. 7-ое. М., "Наука", 1972.
220. Смирнов М.П. Исследование причин деформаций основной площадки земляного полотна. - "Труды ЛПИЖТа", 1954, вып. II6, М., "Трансжелдориздат".
221. СНиП II-Б. 1-62. Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования. Госстрой СССР. М., "Стройиздат", 1964.
222. Соколов В.И. Центрифуги. М., "Машиностроение", 1950.

223. Соколов В.И. Современные промышленные центрифуги. М., "Машстройиздат", 1967.
224. Соколов В.П. К вопросу учета динамических нагрузок от подвижного состава при расчете устойчивости земляного полотна. - "Труды НИИЖТа", 1955, вып. XII, М., "Трансжелдориздат".
225. Справочник инженера-путейца. Под редакцией Беспалова В.В. и Чернышева М.А. т. I, М., "Транспорт", 1972.
226. Теория подобия и моделирование. М., Сб. АН СССР.
227. Типовые поперечные профили балластной призмы. Альбом. М., "Транспорт", 1970.
228. Тихонов А.Н. и Самарский А.А. Уравнения математической физики. М., Гос. изд. технико-теор. лит-ры, 1953.
229. Ткаченко А.А. Классификация болот и осадки насыпей на болотах. В сб: "Вопросы сооружения и эксплуатации насыпей на болотах". - "Труды Комитета по земляному полотну". М., "Транспорт", 1965.
230. Тредер Г. Теория гравитации и принцип эквивалентности. М., "Атомиздат", 1973.
231. Трелецкая М.И. К вопросу суффозионной устойчивости засоленных гипсом грунтов в гидротехническом строительстве. - "Труды ВНИИ ВОДГЕО" 1957, М., "Госстройиздат".
232. Труды VII Международного Конгресса по механике грунтов и фундаментостроению, т. 2, Мехико, 1969.
233. Тусольцев В.М., Эдельштейн И.И. Исследование устойчивости оснований складов сыпучих материалов. В сб: Вопросы геотехники, 1974, №23, Днепропетровск, изд. ДИИТа.
234. Туровская А.Я., Костыгова А.В. Исследование на моделях влияния дренажей на устойчивость мокрых лёссовых выемок. В сб: Вопросы геотехники, 1970, №7, Днепропетровск, изд.

ДИИТа.

235. Туровская А.Я., Бабицкая С.С., Костыгова А.В. Оценка устойчивости поверхностного слоя склонов при нарушении структуры грунта и его переувлажнении. В сб: Вопросы геотехники, 1974, №23, Днепропетровск, изд. ДИИТа.
236. Уемов А.И. Логические основы метода моделирования. М., "Мысль", 1971.
237. Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог. СН 449-72. М., "Стройиздат", 1973.
238. Указания по технологии возведения насыпей железных и автомобильных дорог на болотах и устройству построечных дорог. ВСН 134-66. М., "Оргтрансстрой", 1967.
239. Устойчивость откосов и оползневых склонов. В сб: "Вопросы геотехники, 1967, №10, М., "Транспорт".
240. Ушкалова М.И. Деформации лёссовых грунтов в откосах выемок. В сб: Вопросы геотехники, 1965, №9, Днепропетровск, изд. ДИИТа.
241. Ушкалова М.И. Деформации откосов глубоких лёссовых выемок. В сб: Вопросы геотехники, 1968, №12, Днепропетровск, изд. ДИИТа.
242. Федоров И.С. Исследование распределения напряжений в грунте и осадок фундаментов при помощи моделей. - "Журнал технической физики", 1935, т. У, вып. 6.
243. Федоров И.С. Исследование деформаций в основаниях на моделях. - "Журнал технической физики", 1936, т. УІ, вып.5.
244. Федоров И.С. Исследование распределения напряжений в основании и давления грунта на вертикальные стенки плотины Сенкова при помощи моделей. - "Журнал технической физики", 1936, т. УІ, вып. 6.
245. Федоров И.С. Определение осадки сооружений на моделях при

- помощи центрифуги. - "Новости техники", 1936, №50.
246. Федоров И.С. Определение при помощи центрифуги тангенциальных и нормальных напряжений от грунта на поверхности моделей трубы. - "Журнал технической физики", 1936, т. УІ, вып. 10.
247. Федоров И.С. Центробежная машина для испытания грунтов и сооружений. - "Новости техники", 1936.
248. Федоров И.С. Исследование осадки заводских дымовых труб на моделях при помощи центрифуги. - "Журнал технической физики", 1938. т. УІІІ, вып. 8.
249. Федоров И.С. Действие взрыва В.В. на гидротехнические сооружения. - "Гидротехническое строительство", 1948, №4.
250. Федоров И.С. Моделирование прочности грунтов при вымывании водорастворимых солей. Сб. ВНИИ ВОДГЕО, М., "Госстройиздат", 1957.
251. Федоров И.С. Определение на центрифуге устойчивости откосов из "хвостов" обогащательных фабрик. М., "Стройиздат", 1962.
252. Фильчаков П.Ф. Численные и графические методы прикладной математики. Справочник. Киев. "Наукова думка", 1970.
253. Хайкин С.О. Силы инерции и невесомость. М., "Наука", 1967.
254. Хайкин С.О. Физические основы механики. М., "Наука", 1971.
255. Халфман Р.Л. Динамика. Пер. с англ. М., "Наука", 1972.
256. Хемминг Р.В. Численные методы. Пер. с англ. М., "Наука" 1972.
257. Хесин Г.Л. Применение фотоупругости и электротензометрирования при исследовании напряжений в гидротехнических сооружениях. Известия высшей школы, "Стр-во и архитектура", 1958, №3.
258. Хесин Г.Л., Алленов Ю.В. Исследование на моделях напря-

женного состояния плотины на трехслойном разномодульном основании. - "Труды МИСИ", 1961, вып. 35.

259. Хесин Г.Л., Савостьянов В.Н. и Кузьмина Н.Н. Влияние трещинообразования на напряженное состояние гравитационных плотин с уширенными швами. - "Труды МИСИ", 1962, вып. 40, М.-Л., "Госэнергоиздат".
260. Хесин Г.Л., Савостьянов В.Н. Моделирование напряженного состояния гравитационных плотин в условиях поэтапного возведения. - "Труды МИСИ", 1962, №40, М., "Госэнергоиздат".
261. Цвелодуб Б.И. и Чернавский В.П. Технический прогресс в области сооружения земляного полотна железных дорог. М., "Оргтрансстрой", 1972.
262. Цифровая вычислительная машина "Мир-1", книга 16, Математическое обеспечение.
263. Цытович Н.А., Зарецкий Б.К. и др. Прогноз скорости осадок оснований сооружений. М., "Стройиздат", 1967.
264. Чавчанидзе В.В., Гельман О.Я. Моделирование в науке и технике. М., "Знание", 1966.
265. Черкасов И.И. Механические свойства грунтовых оснований. М., "Автотрансиздат", 1958.
266. Черкасов И.И., Шварев В.В. Начала грунтоведения Луны. М., "Наука", 1971.
267. Черкасов И.И., Михеев В.В. и др. Влияние силы тяжести на механические свойства грунтов. - "Основания, фундаменты и механика грунтов", 1970, №1.
268. Чертов А.Г. Международная система единиц измерения. М., "Росвузиздат", 1963.
269. Чижиков П.Г. Исследование несущей способности свай на центрифуге. - "Труды ЦНИИС", 1960, вып. 38, М., "Трансжелдориздат".

270. Чижигов П.Г. Зависимости между нагрузками и осадками модельного и натурального фундаментов. - "Транспортное строительство", 1962, №6.
271. Чижигов П.Г. Исследование зависимостей между параметрами "фундамент - грунт". Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н., изд. ЦНИИС, М., 1962.
272. Чижигов П.Г. Несущая способность и осадка песчаных оснований фундаментов круглого сечения. - "Транспортное строительство", 1962, №8.
273. Чижигов П.Г. Исследование прочности и осадок песчаных оснований. - "Труды ЦНИИСа", 1963, вып. 47, М., Трансжелдориздат",
274. Чижигов П.Г., Яковлева Т.Г. Основные предпосылки моделирования осадок насыпей. - "Труды МИИТа", 1965, вып. 20, М., "Транспорт".
275. Чижигов П.Г. Исследования несущей способности оснований и фундаментов глубокого заложения. М., "Транспорт", 1971.
276. Чижигов Ю.М. Теория подобия и моделирование процессов обработки металлов давлением. М., "Металлургия", 1970.
277. Шагинян С.Г. Исследование сейсмостойкости крупноблочных домов на моделях. М., изд. лит. по стр-ву, 1967.
278. Шадунц К.Ш. К расчету контрфорсных сооружений. В сб: Вопросы геотехники, 1962, №5, изд. ДИИТа.
279. Шадунц К.Ш. Экспериментальные исследования деформаций насыпей. В сб: Вопросы геотехники, 1965, №9, изд. ДИИТа.
280. Шахунянц Г.М. О методике проектирования мероприятий по стабилизации земляного полотна. - "Техника железных дорог", 1944, №12.
281. Шахунянц Г.М. Устройство железнодорожного пути, т. 3, М., "Трансжелдориздат", 1944.

282. Шахунянц Г.М. Земляное полотно. М., "Трансжелдориздат", 1946.
283. Шахунянц Г.М. Путь и путевое хозяйство. М., "Трансжелдориздат", 1949.
284. Шахунянц Г.М. Современные требования к земляному полотну железных дорог. В кн: "Проектирование и возведение земляного полотна железных и автомобильных дорог", М., изд. АН СССР, 1950.
285. Шахунянц Г.М. Земляное полотно железных дорог. М., "Трансжелдориздат", 1953.
286. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. М., "Трансжелдориздат", 1961.
287. Шахунянц Г.М. Расчет устойчивости склонов и откосов против скольжения пород. Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. Киев, изд. Киевского Университета, 1964.
288. Шахунянц Г.М. Безосадочные железнодорожные насыпи. Шестой Международный конгресс по механике грунтов и фундаментостроению. Монреаль, 1965.
289. Шахунянц Г.М. Назначение расчетных характеристик грунтов. - "Труды МИИТа", 1968, вып. 273, М., "Транспорт".
290. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. М., "Транспорт", 1969.
291. Шахунянц Г.М. Способы определения расчетных характеристик грунтов. - "Труды МИИТа", 1972, вып. 357, М., "Транспорт".
292. Шахунянц Г.М., Яковлева Т.Г. Учет динамических воздействий подвижного состава при расчете устойчивости откосов железнодорожных насыпей. - "Труды МИИТа", 1973, вып. 443, М., изд. МИИТа.
293. Шахунянц Г.М., Яковлева Т.Г. Способ учета динамических

воздействий подвижного состава при расчете устойчивости земляного полотна (насыпей). - "Транспортное строительство", 1973, №11.

- 294. Шахунянц Г.М. Статистические оценки расчетных параметров грунтов. - "Труды СоюзДОРНИИ", 1974, вып. 74, М.
- 295. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. Пер. с англ. М., "Мир", 1972.
- 296. Штофф В.А. Моделирование и философия. М.-Л., "Наука", 1966.
- 297. Щербина В.И. Применение центрифуги при исследованиях возможности появления трещин в ядрах плотин. - "Труды гидропроекта", 1973, вып. 32, М., изд. Гидропроект.
- 298. Эйгенсон Л.С. Моделирование. М., "Советская наука", 1952.
- 299. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. М., "Наука", 1964.
- 300. Яковлева Е.А. Режимы фильтрации и влияние их на устойчивость пойменных насыпей. Сообщение №120 ЦНИИС. М., изд. ЦНИИС, 1958.
- 301. Яковлева Е.А. Осадки вновь построенных железнодорожных насыпей. В сб: Сооружение земляного полотна железной дороги Новокузнецк-Абакан-Тайшет. - "Труды Комитета по земляному полотну", 1970, вып. 9, М., "Транспорт".
- 302. Яковлева Т.Г., Иванов Д.И. Машина для центробежного моделирования, ее параметры и характеристики. - "Труды МИИТа", 1963, вып. 177, М., "Трансжелдориздат".
- 303. Яковлева Т.Г. Определение осадок железнодорожных насыпей. Изд. ЦИНТИ, серия "Путь и путевое хозяйство", 1965, вып. 17, М.
- 304. Яковлева Т.Г., Иванов Д.И. Центробежное моделирование на службе у путейцев. - "Путь и путевое хозяйство", 1965, №10.

305. Яковлева Т.Г. Исследование возможности моделирования строительного периода при возведении железнодорожных насыпей. - "Труды МИИТа", 1968, вып. 273, М., "Транспорт".
306. Яковлева Т.Г. Исследование осадок высоких железнодорожных насыпей при различной степени начального уплотнения грунта путем моделирования на центробежной машине. - "Труды МИИТа", 1968, вып. 273, М., "Транспорт".
307. Яковлева Т.Г. Деформируемость торфяных оснований железнодорожных насыпей. - "Труды МИИТа", 1970, вып. 326, М., "Транспорт".
308. Яковлева Т.Г. Применение центробежного моделирования для исследования возможных осадок насыпей. Сб. "Сооружение земляного полотна железной дороги Новокузнецк-Абакан-Ташкет", - "Труды Комитета по земляному полотну", 1970, вып. 9, М., "Транспорт".
309. Яковлева Т.Г. Величина подъёмки при больших упругих колебаниях насыпей на болотах. - "Путь и путевое хозяйство", 1971, №8.
310. Яковлева Т.Г. Выбор параметров для центробежного моделирования динамического воздействия поездной нагрузки на земляное полотно. - "Труды МИИТа", 1972, вып. 357, М., "Транспорт".
311. Яковлева Т.Г. Изучение деформируемости ж.д. насыпей на торфяных основаниях методом центробежного моделирования. В сб: Строительство на торфяных грунтах. Калинин. Издание КПИ, 1972.
312. Яковлева Т.Г., Иванов Д.И. Исследование упругих колебаний насыпей на болотах. - "Труды МИИТа", 1972, вып. 383, М., изд. МИИТа.

313. Яковлева Т.Г. Моделирование статического воздействия поезда на насыпь при исследовании осадок земляного полотна и его основания. - "Труды МИИТа", 1972, вып. 357, М., "Транспорт".
314. Яковлева Т.Г. Исследование деформируемости торфяных оснований насыпей методом центробежного моделирования. Сб. СоюзДОРНИИ, 1973, №35, изд. СоюзДОРНИИ.
315. Яковлева Т.Г. Экспериментальная оценка некоторых проектных решений по земляному полотну на болотах. - "Труды МИИТа", 1973, вып. 443, М., изд. МИИТа.
316. Яковлева Т.Г. и др. Центробежное моделирование оснований сооружений. Труды к VIII Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. Гл. сессия, II, М., "Стройиздат", 1973.
317. Яковлева Т.Г. Изучение устойчивости откосов насыпей методом центробежного моделирования. Сб. СоюзДОРНИИ, 1974, №74, изд. СоюзДОРНИИ.
318. Яковлева Т.Г. Исследование стационарного и нестационарного режимов работы центрифуги для целей моделирования земляного полотна. - "Труды МИИТа" 1974, вып. 462, М., изд. МИИТа.
319. Яковлева Т.Г. О параметре, учитывающем динамику воздействия поездов при расчетах устойчивости откосов насыпей. - "Транспортное строительство", 1974, №2.
320. Яковлева Т.Г., Иванов Д.И., Куликов В.В. Изучение устойчивости насыпи на модели. - "Путь и путевое хозяйство", 1975, №8.
321. Яковлева Т.Г. Способ учета динамического воздействия поездов при проверке устойчивости откосов высоких насыпей. - "Труды Комитета по земляному полотну. М., "Транспорт",

1975

- 322. Яковлева Т.Г. Основные предпосылки моделирования осадок насыпей. - "Труды МИИТа", 1965, вып. 210, М., "Транспорт".
- 323. Яковлева Т.Г. Учет динамических воздействий подвижного состава при расчете устойчивости откосов железнодорожных насыпей. - "Труды МИИТа", 1973, вып. 443., изд. МИИТа.
- 324. Яковлева Т.Г. Способ учета динамических воздействий подвижного состава при расчете устойчивости земляного полотна (насыпей). - "Транспортное строительство", 1973, №11.
- 325. Ярошенко В.А. О моделировании осадок фундаментов на песчаных основаниях. - "Труды МИИТа", 1959, вып. 100, М., "Трансжелдориздат".
- 326. ГОСТ 20522-75. "Грунты. Методы статистической обработки результатов определений характеристик".
- 327. Гусев Б.В. Расчетные схемы трещиноватых скальных откосов. В сб: "Вопросы геотехники", 1967, №10, М., "Транспорт".
- 328. Коншин Г.Г. Исследование колебаний грунта в откосах насыпей. - "Вестник ВНИИЖТа", 1974, №6.
- 329. О стандарте "Грунты. Метод статистической обработки результатов определений характеристик". - "Бюллетень строительной техники", 1975, №9.
- 330. Харр М.Е. Основы теоретической механики грунтов. Пер. с англ. М., изд. литературы по строительству, 1971.
- 331. Хромов В.И. Применение метода угловых точек при оценке напряженного состояния земляного полотна от поездной нагрузки. - "Вестник ВНИИЖТа", 1973, №5.
- 332. Цытович Н.А. Механика грунтов. М., "Высшая школа", 1973.
- 333. Шульга В.Я. Сферы рационального применения пути на железобетонных блоках и уровень загрузки двухпутных линий. - "Труды МИИТа", 1967, вып. 249, М., "Транспорт".
- 334. Титов В.П., Коншин Г.Г., Хромов В.И. Вертикальные упругие

In accordance with letter from DAEN-RDC, DAEN-ASI dated 22 July 1977, Subject: Facsimile Catalog Cards for Laboratory Technical Publications, a facsimile catalog card in Library of Congress MARC format is reproduced below.

Gilbert, Paul A.
Geotechnical centrifuges observed in the Soviet Union, 6-29 September 1979 / by Paul A. Gilbert (Geotechnical Laboratory, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station). -- Vicksburg, Miss. : The Station ; Springfield, Va. ; available from NTIS, 1982. 69 p. in various pagings : ill. ; 27 cm. -- (Miscellaneous paper ; GL-82-8)
Cover title.
"August 1982."
Final report.
"Prepared for Office, Chief of Engineers, U.S. Army under Civil Works Work Unit 31173, Task 30."
Bibliography: p. 20.

1. Centrifuges--Russia. 2. Soil mechanics--Russia.
3. Soils--Testing. I. United States. Army. Corps of Engineers. Office of the Chief of Engineers. II. U.S.

Gilbert, Paul A.
Geotechnical centrifuges observed in the Soviet : ... 1982.
(Card 2)

Army Engineer Waterways Experiment Station. Geotechnical Laboratory. III. Title IV. Series: Miscellaneous paper (U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station) ; GL-82-8.
TA7.W34m no.GL-82-8

F
10